

(19) 日本国特許庁 (J P)

# (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-234798

(P 2 0 0 1 - 2 3 4 7 9 8 A)

(43) 公開日 平成13年 8 月31日 (2001. 8. 31)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターコード (参考)
F02D 41/36		F02D 41/36	B 3G084
41/04	305	41/04	A 3G301
41/14	310	41/14	L
41/18		41/18	G
41/34		41/34	Q

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全19頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-50536 (P 2000-50536)

(22) 出願日 平成12年 2 月22日 (2000. 2. 22)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 青野 俊宏

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 小渡 武彦

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(74) 代理人 100074631

弁理士 高田 幸彦 (外 1 名)

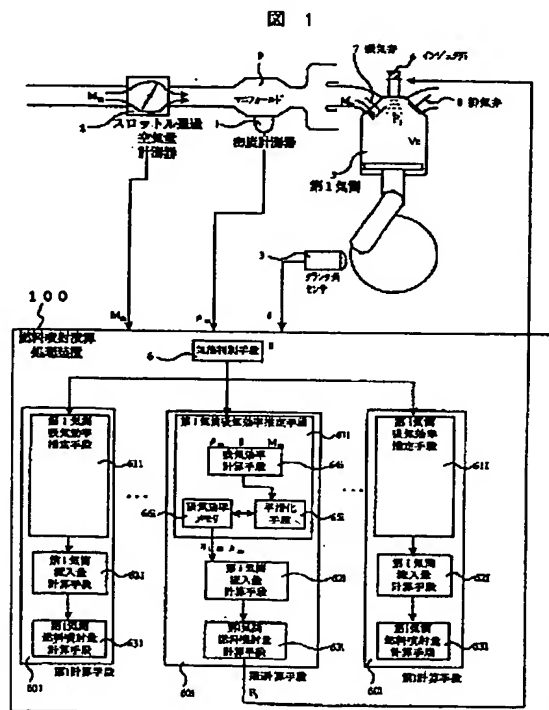
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の空燃比制御装置および気筒毎流入吸気量推定方法

(57) 【要約】

【課題】 エンジン毎、気筒毎に吸気効率のマップを作成することなく、内燃機関の運転状態が色々と変化しても気筒毎の吸入空気量を正確に求めること。

【解決手段】 マニフォールド内の気体の密度を計測し、スロットルを通過する空気量を計測し、内燃機関のクランクの角度を計測し、クランク角に基づき吸気行程にある気筒を識別し、吸気行程の気筒に対応する計算手段が呼び出され、該計算手段は、吸気効率を推定し、吸気効率と上記センサデータに基づき気筒に流入した空気量を計算し、この空気量に基づき該気筒への燃料噴射量を計算することで空燃比を制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】多気筒を備え、各気筒に吸入される空気  
の量と気筒に噴射される燃料の比を制御する内燃機関の  
空燃比制御装置において、

気筒毎に備えた燃料を噴射するインジェクタを備え、  
クランク角に基づき吸気行程にある気筒を識別し、気筒  
毎に備えられた計算プログラムの中から吸気行程にある  
気筒に対応する計算プログラムを呼び出し、気筒毎の吸  
気ばらつきを推定して各気筒毎の吸気量を特定し、かつ  
該推定した気筒毎の吸気量に対応して各気筒のインジェ  
クタへの燃料噴射量を演算する燃料噴射演算処理装置と  
を備えたことを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 2】多気筒を備え、各気筒に吸入される空気  
の量と気筒に噴射される燃料の比を制御する内燃機関の  
空燃比制御装置において、

スロットルを通過する空気量を計測する流入空気量計  
測器と、

内燃機関の吸気マニフォールド内の空気の密度を計測  
する空気密度計測器と、

内燃機関のクランク角を計測するクランク角センサと、

気筒毎に備えた燃料を噴射するインジェクタと、

クランク角に基づき吸気行程にある気筒を識別し、気筒  
毎に備えられた計算プログラムの中から吸気行程にある  
気筒に対応する計算プログラムを呼び出し、スロットル  
を通過する空気量、吸気マニフォールド内の空気の密度  
およびクランク角に基づいて気筒毎の吸気特性を推定し  
て推定値を求め、かつ該推定値に対応して各気筒のイン  
ジェクタへの燃料噴射量を演算する燃料噴射演算処理装  
置とを備えたことを特徴とする内燃機関の空燃比制御装  
置。

【請求項 3】請求項 2 において、

前記吸気特性は、気筒毎の吸気量または吸気効率である  
ことを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 4】請求項 2 の燃料噴射制御装置において、  
スロットルを通過する空気量と吸気マニフォールド内の  
空気の密度と、クランク角の速度とに基づき各気筒に空  
気を取り込まれる際の損失の割合を気筒毎に計算し、こ  
の損失の割合とマニフォールド内の空気の密度とクラン  
ク角の速度から該気筒に取込まれる空気量を計算し、該  
気筒への燃料噴射量を計算することを特徴とした空燃比  
制御装置。

【請求項 5】請求項 2 の燃料噴射制御装置において、  
スロットルを通過する空気量と吸気マニフォールド内の  
空気の密度と、クランク角の速度とに基づき各気筒に空  
気を取り込まれる際の損失の割合を気筒毎に計算し、こ  
の損失の割合を全気筒に共通して設けた共通吸気効率で割  
ることで気筒毎のばらつきを表す補正係数を計算し、該  
気筒の前の補正係数との加重平均をとることで補正係  
数を平滑化し、平滑化した補正係数を共通吸気効率に掛  
けることで各気筒について補正した損失の割合を計算す

ることを特徴とした空燃比制御装置。

【請求項 6】請求項 2 において、

マニフォールドの気体の密度の変化からマニフォールド  
を充填するために使われた空気量を計算し、マニフォ  
ールド内の気体の密度とクランク角速度とから気体の流れ  
の損失を 0 とした場合の気筒への理論流入空気量を計算  
し、スロットルを通過した空気量からマニフォールドを  
充填するために使われた空気量を引き、その結果を理論  
流入空気量で割って吸気効率を計算し、前回の吸気効率  
と加重平均を取って吸気効率を平滑化することを特徴と  
する内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 7】請求項 3 において、

マニフォールドの気体の密度の変化からマニフォールド  
を充填するために使われた空気量を計算し、マニフォ  
ールド内の気体の密度とクランク角速度とから気体の流れ  
の損失を 0 とした場合の気筒への理論流入空気量を計算  
し、スロットルを通過した空気量からマニフォールドを  
充填するために使われた空気量を引き、その結果を理論  
流入空気量と各気筒共通の共通吸気効率の積で割ること  
で補正係数を計算して前回の補正係数と加重平均を取る  
ことで補正係数を平滑化し、平滑化した補正係数を共通  
吸気効率に掛けることで、各気筒について補正した吸気  
効率を計算することを特徴とする空燃比制御装置。

【請求項 8】請求項 2 において、

前記燃料噴射演算処理装置は、燃料噴射量マップを含  
み、該燃料噴射量マップを使用して燃料噴射量を計算す  
ることを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 9】請求項 2 において、

前記流入空気密度計測器は、マニフォールドに配設され  
た圧力センサと温度センサとから構成することを特徴と  
する内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 10】請求項 2 において、

前記流入空気密度計測器は、マニフォールドに配設され  
た圧力センサと温度センサと、およびスロットルの開度  
を計る開度センサとから構成されることを特徴とする内  
燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 11】請求項 2 において、

前記流入空気密度計測器は、熱線式空気流量計で構成す  
ることを特徴とする内燃機関の空燃比制御装置。

【請求項 12】多気筒を備えた内燃機関の気筒毎の流入  
吸気量推定方法において、

スロットル通過空気量  $M_{th}$  を計測し、

マニフォールド内の気体の密度  $P_m$  および密度の増加量  
 $\Delta P_m$  を求め、

この増加量  $\Delta P_m$  にマニフォールドの容積  $M_d$  (スロッ  
トルと吸気弁とによって仕切られた領域の容積) を掛け  
ることでマニフォールド内の気体の増加量  $\Delta M_m$  を計算  
し、

クランク角を計測してこれを微分してクランク角速度を  
計算し、

次の式で吸気効率 $q$ を

$$q = (M t h - \Delta M m) / M d$$

で計算し、次の式で各気筒への吸気量を

$$M c = P m \times (\omega / 4 \pi) \times V c \times q = M d \times q$$

(ここで $1/C$ は気筒の容積)を計算して求めることを特徴とする気筒毎の流入吸気量推定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】内燃機関の燃費の向上や排気ガス内の有害物質の低減のために、気筒に吸入される空気の量と気筒に噴射される燃料の比を制御する空燃比制御技術に関する。特に本発明では、気筒別の空燃比のばらつきを解消する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】内燃機関の空燃比を制御するには、気筒に吸入される空気量を計測しこれにもとづいて燃料噴射量を計算し制御したり、あるいは、排気から空燃比を計測してこれを目標値に保つように燃料噴射量を制御する方法があるが、これまで、内燃機関の気筒に吸入される空気量の計測装置、あるいは空燃比の計測装置としては、特開平7-42600号に代表されるマニフォールドに取付けた圧力センサを用いるもの、特開平9-166464号に代表される吸気系配管に取付けられた熱線式空気流量計を用いるもの、特開平7-133738号に代表される排気系配管に空燃比センサを取付け、排気空燃比を目標値に保つようフィードバックするものなどがあった。

【0003】一般に、気筒に取込まれる空気量 $M c$ は、マニフォールドの圧力 $P m$ とクランクの回転数 $N$ に比例し、

$$M c = P m \cdot N \cdot \eta \cdot V c / R \cdot T m$$

で近似できることが、広く知られている。ただし、気筒の容積 $V c$ 、気体定数 $R$ 、マニフォールド内の気体の温度 $T m$ である。 $\eta$ は吸気効率(文献によっては、充填効率、体積効率などと呼ばれることもある)と呼ばれ、マニフォールド・気筒の入口の形状や気筒入口の吸気弁の開閉のタイミングによって、気筒への流入のロスが生じるが、そのロスの結果、何パーセントの空気が気筒に取込まれるかという値である。 $\eta$ は、マニフォールドの圧力 $P m$ やクランクの回転数 $N$ によって若干変化するもので、 $P m$ や $N$ のマップとして表される。

【0004】特開平7-42600号では所謂スピードデンシティーという方法を採用している。この方法では、エンジンの回転速度と吸気マニフォールドの圧力の関数としての吸気効率のマップを事前に用意し、運転時には、エンジンの回転速度とマニフォールドの圧力を計測し、エンジンの回転速度とマニフォールドの圧力からマップを検索してえられる吸気効率、観測されるエンジン回転速度、吸気マニフォールド圧力をもとにして吸気量の計算を行っていた。この方式では、内燃機関の運転状態によって変化する吸気効率をマップから検索することで運転

状態が変化しても正しい気筒への吸入空気量を計算できるようにしている。

【0005】特開平9-166464号では熱線式空気流量計によって気筒への流入空気量を計測している。本方式は、気筒上流の吸気流入通路に熱線式空気流量計を配置し、空気が熱線式空気流量計の配された断面を通過する空気量を計測するものである。本方式では、通過空気の絶対量が直接求められるため、吸気効率のマップがいらないというメリットがある。

【0006】特開平7-133738号では、空気量を計るのではなく、空燃比を計測し、これを目標値に保つように燃料噴射量の制御を行っている。本方式では、排気系集合部に1つの広域空燃比センサを配置し、排気気筒のローテーションと、気筒から排気されてから空燃比センサに影響を及ぼすまでの遅れをモデル化し、気筒毎の空燃比をオブザーバにより推定しようというものである。本方式では、先述の2つの公知例では考慮されてこなかった、気筒別の空燃比を計測している。

【0007】また、吸入空気量について、特開平9-22884号、9-126006号、11-6460号が言及するところである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】内燃機関の気筒に入る空気量は、気筒毎に約5%~約10%程度ばらつくといわれている。このため、全ての気筒に同じ量の燃料を噴射したのでは、気筒毎に空燃比が異なってきたり、燃料を目標空燃比より多く噴射された気筒では、排気ガス中の炭化水素などの有害物質が増えるという問題があり、燃料を目標空燃比より少なく噴射された気筒では、酸化窒素の割合が増えたり、トルクにムラが生じるといった問題がある。

【0009】マニフォールドから全ての気筒へ空気が流れ込む際の吸気効率の平均を吸気効率のマップとして保持しており、マニフォールドの圧力が一定なら全ての気筒に同じ量の燃料を噴射した方法にあっては、気筒毎の空燃比にばらつきが生じてしまう。

【0010】吸気マニフォールドに流れ込む空気量は正確に求めるが、マニフォールドに流れ込んだ空気が各気筒に分配される割合については考慮しない方法にあっては、全ての気筒に同じ割合で空気が分配されるものとして考えているので、空燃比の気筒毎のばらつきが生じてくる。

【0011】燃焼して排気過程を経て排気管に達した空気の空燃比を計測して、これを一定に保つために排気管の空燃比センサで燃料の割合が下がったのを観測して、始めて燃料の割合を増加させる方法では、内燃機関2回転分燃焼噴射量の制御が遅れることになる。

【0012】本発明では、燃焼する以前に各気筒に吸入された空気量を推定し、気筒毎への空気の分配のばらつきに対応して燃料を噴射し、気筒毎の空燃比のばらつき

を抑制して高精度な空燃比制御を応答性良く実現することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、気筒毎に備えた燃料を噴射するインジェクタを備え、クランク角に基づき吸気行程にある気筒を識別し、気筒毎に備えられた計算プログラムの中から吸気行程にある気筒に対応する計算プログラムを呼び出し、気筒毎の吸気ばらつきを推定し、かつ該推定した気筒毎の吸気量に対応して各気筒のインジェクタへの燃料噴射量を演算する燃料噴射演算処理装置とを備えるようにした。

【0014】本発明は具体的には次に掲げる装置を提供する。

【0015】本発明は、多気筒を備え、各気筒に吸入される空気のと気筒に噴射される燃料の比を制御する内燃機関の空燃比制御装置において、スロットルを通過する空気量を計測する流入空気量計測器と、内燃機関の吸気マニフォールド内の空気の密度を計測する流入空気密度計測器と、内燃機関のクランク角を計測するクランク角センサと、気筒毎に備えた燃料を噴射するインジェクタと、クランク角に基づき吸気行程にある気筒を識別し、気筒毎に備えられた計算プログラムの中から吸気行程にある気筒に対応する計算プログラムを呼び出し、スロットルを通過する空気量、吸気マニフォールド内の空気の密度およびクランク角に基づいて気筒毎の吸気特性を推定して推定値を求め、かつ該推定値に対応して各気筒のインジェクタへの燃料噴射量を演算する燃料噴射演算処理装置とを備えた内燃機関の空燃比制御装置を提供する。

【0016】前記吸気特性は、気筒毎の吸気量または吸気効率である。

【0017】本発明は、多気筒を備えた内燃機関の気筒毎の流入吸気量推定方法において、スロットル通過空気量 $M_{th}$ を計測し、マニフォールド内の気体の密度 $P_m$ および密度の増加量 $\Delta P_m$ を求め、この増加量 $\Delta P_m$ にマニフォールドの容積 $M_d$ （スロットルと吸気弁とによって仕切られた領域の容積）を掛けることでマニフォールド内の気体の増加量 $\Delta M_m$ を計算し、クランク角を計測してこれを微分してクランク角速度を計算し、次の式で吸気効率 $q$ を

$$q = (M_{th} - \Delta M_m) / M_d$$

で計算し、次の式で各気筒への吸気量を

$$M_c = P_m \times (\omega / 4\pi) \times V_c \times q = M_d \times q$$

（ここで $1/C$ は気筒の容積）を計算して求める気筒毎の流入吸気量推定方法を提供する。

【0018】気筒毎の流入吸気量推定によって気筒毎の吸気量ばらつきを平準化し、気筒毎の空燃比のばらつきを制御する方法を提供する。

【0019】

【発明の実施の形態】《発明実施の形態1：気筒別吸気

効率推定に基づく空燃比制御》本発明の構成を図1を用いて説明する。

【0020】内燃機関の外部から取込まれた空気は、スロットルを通過し、マニフォールド9に取込まれる。スロットルの開き具合によって通過する空気の量を調節することで、内燃機関から発生するトルクを調節することができる。

【0021】スロットルを通過した空気は、マニフォールド9を充たし、マニフォールド9の分岐部を通過して、気筒5内に取込まれる。マニフォールド9の分岐部と気筒5の間には吸気弁7があり、これはクランク角度に連動して動作し、該気筒5が吸気行程にあるときに開き、マニフォールド9の空気は該気筒5に取込まれる。

【0022】こうして気筒5に取込まれる空気の量 $M_c$ を計測するために、スロットル通過空気量計測器2、マニフォールド9の集合部にはマニフォールド内の空気の密度を計測する密度計測器1、ならびに、クランク角センサ3が取り付けられている。

【0023】燃料噴射演算処理装置100に備えられた気筒判別手段6は、クランク角 $\theta$ に基づき、吸気行程にある気筒を判別する。気筒5（第 $i$ 気筒）に流入した空気量 $M_c$ を計算し、この空気量 $M_c$ に基づき該気筒5への燃料噴射量 $F_i$ を計算する計算手段601～60I

（但し、 $I$ は気筒の数）は、気筒ごとに用意され、気筒判別手段6により、吸気行程にあると判別された気筒に対応するものが呼び出される。

【0024】呼び出された計算手段60*i*では、該気筒5の吸気効率 $\eta_i$ （ $i$ は1～ $I$ の値を取る気筒の番号）を推定し、推定された吸気効率 $\eta_i$ と、密度計測器1により計測されたマニフォールドの密度 $\rho_m$ 、クランク角センサ3の出力を微分して得られるクランク回転速度 $\omega$ から気筒5への吸入空気量 $M_c$ を計算する。

【0025】マニフォールド9から気筒5に空気が吸入される際に、流れのロスがない理想的な場合を考えれば、気筒5に流れ込む空気の量 $M_d$ は、気筒5の容積を $V_c$ として、

【0026】

【数1】

$$M_d = \rho_m \times (\omega / 4\pi) \times V_c$$

【0027】で与えられるが、実際には、マニフォールド分岐部や気筒入口の形状、吸気弁7の開閉のタイミングにより流れのロスが発生するので、ロスの結果気筒に流れ込む割合（これが吸気効率 $\eta_i$ である）を用いて、実際に気筒5に流れ込む空気の量 $M_c$ は、

【0028】

【数2】

$$M_c = \rho_m \times (\omega / 4\pi) \times V_c \times \eta_i = M_d \times \eta_i$$

【0029】で計算される。吸気効率は気筒ごとにばらつきがあるので、気筒ごとに計算されることで空燃比の精密な制御が可能となる。吸気効率の計算の方法の一例

は、後程、【吸気効率の計算】にて説明する。

【0030】こうして該気筒5への吸入空気量 $M_c$ が計算されたら、これと目標空燃比 $\lambda$ から該気筒への燃料噴射量 $F_i$ を、

【0031】

【数3】

$$F_i = M_c / \lambda$$

【0032】より計算する。クランク角 $\theta$ から該気筒5の燃料噴射タイミングを判定し、噴射すべきタイミングになったら計算された噴射量 $F_i$ をインジェクタ4より噴射する。

【0033】この動作手順をステップ図としてまとめたのが図2である。まず、スロットルを通過する空気量 $M_{th}$ が計測され(ステップ201)、マニフォールド内の気体の密度 $\rho_m$ が計測され(ステップ202)、クランク角 $\theta$ が計測される(ステップ203)。このクランク角 $\theta$ に基づいて、第 $i$ 気筒5が吸気行程であるかどうか判別される(ステップ204)。第 $i$ 気筒5が吸気行程であるなら、第 $i$ 計算手段601が呼び出され(ステップ205)、第 $i$ 気筒吸気効率推定手段611~61I、スロットル通過空気量 $M_{th}$ 、マニフォールド内気体密度 $\rho_m$ 、クランク角 $\theta$ を微分して得られるクランク角速度 $\omega$ をもとに第 $i$ 気筒5の吸気効率 $\eta_i$ が計算される(ステップ206)。この吸気効率 $\eta_i$ と、マニフォールド9内の気体密度 $\rho_m$ と、クランク角速度 $\omega$ から、数2に基づいて第 $i$ 気筒5への吸入空気量 $M_c$ が計算される621~62I(ステップ207)。該気筒5への吸入空気量 $M_c$ が計算されたら、これと目標空燃比 $\lambda$ をもとに、数3により該気筒への燃料噴射量 $F_i$ を計算する631~63I(ステップ208)。クランク角 $\theta$ が該気筒5に燃料を噴射する角度 $\theta_i$ になったら(ステップ209, 210)、第 $i$ インジェクタ4は計算された量の燃料を噴射する(ステップ211)。

$$\text{第}i\text{気筒の吸気効率} = \frac{\text{スロットル通過空気量} - \text{マニフォールド充填空気量}}{\text{理想流入量}}$$

【0042】となる。

【0043】ところで、スロットル通過空気量 $M_{th}$ の検出精度はあまりよくないことが知られている。吸気効率 $\eta_i$ は内燃機関の運転状態、特にマニフォールド9内の気体密度 $\rho_m$ とクランク回転速度 $\omega$ に依存するが、その変化はゆるやかなので、数6で求められた吸気効率 $\eta_i$ を平滑化する(651)ことで、吸気効率推定の精度を向上させることができる。平滑化した吸気効率 $\eta_i$ は吸気効率メモリ661に記憶する。

【0044】吸気効率 $\eta_i$ の計算手順を図4を用いて説明する。

【0045】まず、スロットル通過空気量 $M_{th}$ を計測する(ステップ401)。次に、密度計測手段1でマニフォールド9内の気体の密度 $\rho_m$ を求め、この増加量 $\Delta \rho_m$ にマニフォールド9の容積(スロットルと吸気弁7と

【0034】このように、気筒毎に計算手段601~60Iを設け、気筒毎の吸気効率を計算してこれに基づいて気筒への吸入空気量を計算し、気筒への燃料噴射量を計算することで、気筒による吸気効率のばらつきに適応して、空燃比の精密な制御が可能となる。

【0035】【吸気効率の計算】気筒ごとに吸気効率が異なると、吸入行程開始の時点でマニフォールド9内の密度 $\rho_m$ とクランク回転速度 $\omega$ が同じであっても、マニフォールド9から気筒5に流入する空気量 $M_c$ が異なるので、マニフォールド9内の空気密度 $\rho_m$ の変化、ひいては、スロットル上下流の密度差に依存するスロットル通過空気量 $M_{th}$ が違ってくる。そこで、スロットルを通過する空気量 $M_{th}$ と、マニフォールド9の密度 $\rho_m$ から吸気効率を算出する641。第 $i$ 気筒5が吸気行程のとき、スロットルを通過する空気流量 $M_{th}$ 、マニフォールド9内の空気量の増加量 $\Delta M_m$ を用いると、図3より、第 $i$ 気筒5に流入する空気量 $M_{ci}$ は、

【0036】

【数4】

$$M_{ci} = M_{th} - \Delta M_m$$

【0037】

【数5】

$$\Delta M_m = V_c \times \Delta \rho_m$$

【0038】によって計算される。これと数2より、第 $i$ 気筒の吸気効率 $\eta_i$ は、

【0039】

【数6】

$$\eta_i = (M_{th} - \Delta M_m) / M_d$$

【0040】で計算できる。この分母は、吸気効率が1で理想的な場合の流入量なので、これを理想流入量 $M_d$ と呼ぶことにすれば、

【0041】

【数7】

によって仕切られた領域の容積)をかけることでマニフォールド9内の気体の増加量 $\Delta M_m$ を計算する(ステップ402)。

【0046】この後に、クランク角 $\theta$ を計測し、これを微分してクランク角速度 $\omega$ を計算し、これとマニフォールド9内の気体の密度 $\rho_m$ より数1で気筒 $i$ への理想流入量 $M_d$ を計算し(ステップ403)。これらの計算結果をもとにして数6に基づいて吸気効率 $\eta_i$ を計算する(ステップ404)。

【0047】前回該気筒5が吸気行程にあったときの吸気効率 $\eta_i$ を吸気効率メモリ661から読み出してきて(ステップ405)、前回求めた吸気効率 $\eta_i$ と今回の吸気効率 $\eta_i$ の加重平均をとることで、吸気効率 $\eta_i$ を平滑化する(ステップ406)。

【0048】このように吸気効率 $\eta_i$ をもとめること

で、気筒毎のばらつきに適応して、精度良く気筒毎の吸気効率を求められる。

【0049】【密度の計測】気体の密度を計測するための具体的なセンサとしては、圧力センサと温度センサを組み合わせて用いることが一例として挙げられる。密度の定義と気体の状態方程式より、

【0050】

【数8】

$$\rho = n / V = P / RT$$

【0051】であるから、気体の圧力Pを温度Tで割って、気体定数Rで単位を補正することで密度 $\rho$ は求められる。本実施例のようにマニフォールド9の密度を計測するには、図5に示すように、マニフォールド9の集合部に圧力センサ11と温度センサ12を配置して、計算手段60内で数8に従って計算すれば、マニフォールド9内の気体の密度 $\rho_m$ は求められる。

【0052】【スロットル通過空気量の計測1】スロットルを通過する空気量Mthを求めるための具体的なセンサの構成の一例を図6に示す。スロットルを通過する空気量Mthは、スロットル上下流の圧力Pa、Pmと温度Ta、Tm及びスロットル開度 $\alpha$ によって決まる。その求め方は、

【0053】

【数9】

$$M_t = C_t A_t (1 - \cos \alpha) \frac{P_a}{\sqrt{RT_a}} \sqrt{\frac{2k}{k-1}} \sqrt{\left(\frac{P_m}{P_a}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_m}{P_a}\right)^{\frac{k+1}{k}}}$$

【0054】であることが、流体力学の本で紹介されている（例えば、松尾一泰著“圧縮性流体力学”、p. 64）。ここで13はスロットル開度センサ、14は圧力センサおよび15は温度センサである。

【0055】従って、図6に示すような構成のセンサを用いてスロットルを通過する空気量Mthを求める手順を図7を用いて説明すると、スロットル上流に配された圧力センサ14で外気圧Paを計測し（ステップ701）、スロットル下流に配された圧力センサ11でマニフォールド圧Pmを計測し（ステップ702）、スロットル上流に配された温度センサ15で外気温Taを計測し（ステップ703）、スロットル下流に配された温度センサ12でマニフォールド温度Tmを計測し（ステップ704）、スロットル開度センサ13でスロットル開度 $\alpha$ を計測し（ステップ705）、計算手段60内で数9を用いてスロットル通過空気量Mthを求めれば良い（ステップ706）。

【0056】【スロットル通過空気量の計測2】スロットル通過空気量Mthを計測する他の方法としては、熱線式空気流量計を用いる方法がある。熱線式空気流量計については、特開平9-166464号等で述べられているが、熱線の配された断面を気体が通過する際に熱線から奪われる熱量によって気体の流量を計測しようというもので

ある。本発明の実施例では、図8に示すように、熱線式空気流量計16をスロットルの上流に配置し、この計測データを計算手段60で読込むことで、スロットル通過空気量Mthを計測する。

【0057】このような密度計測手段1とスロットル通過空気量計測手段2を設け、気筒毎に計算手段601～60Iを設け、気筒毎の吸気効率を計算してこれに基づいて気筒への吸入空気量Mcを計算し、気筒への燃料噴射量を計算することで、気筒による吸気効率のばらつきに適応して、空燃比の精密な制御が可能となる。

【0058】《発明実施の形態2：気筒毎ばらつき補正係数を用いる空燃比制御》吸気効率は、内燃機関の運転状態によって緩やかに変化する。【吸気効率の計算】では、現在の計測データより得られた吸気効率を過去の吸気効率と加重平均をとることで平滑化し、精度の向上を図ったが、現在値と過去の値に対する荷重のかけ方によっては、吸気効率の変化に追従できないことも考え得る。

【0059】同一種類の内燃機関であれば、個体による吸気効率の関数の形状の違い、気筒による吸気効率の関数の形状の違いは、それほどないと考えられる。第1気筒の吸気効率、第2気筒の吸気効率と、全気筒の平均的な吸気効率を示す共通吸気効率をマニフォールド内の気体の密度の関数としてグラフ化すると、例えば図9

(a) のようになり、各気筒の吸気効率を共通吸気効率で割った補正係数は、例えば図9 (b) のように、1.0 付近のなだらかな関数になるものと考えられる。そこで、内燃機関の運転状態によってかわる動的な部分は共通の吸気効率マップを事前に用意して、気筒毎、内燃機関の個体毎によってかわるスケールパラメータの部分の補正係数として推定し、共通の吸気効率マップと気筒毎の補正係数を掛け合わせることで、内燃機関の運転状態の変化による吸気効率の変化に追従し、かつ、気筒毎、内燃機関個体毎の吸気効率のばらつきにも対応できる吸気効率推定手段について述べる。

【0060】図10に構成を示す。図1と同じ構成には同一番号を付してあり、説明を繰り返さない。図1に示される空燃比制御装置と比べて、全気筒に共通する吸気効率マップ21が新たに用意されていて、しかも、各気筒に対応した吸気効率推定手段611～61Iが異なっている。

【0061】第i気筒5の吸気効率推定手段61iは、スロットル通過空気量Mthとマニフォールド9の空気の密度Mthとクランク角速度 $\omega$ から補正係数Ciを推定する補正係数計算手段67iと、前回該気筒5が吸気行程にあったときの補正係数Ciを記憶しておき、あらたに今回計測データから求められた補正係数Ciとの加重平均をとった結果を記憶しておく補正係数メモリ69iと、この加重平均を計算する平滑化手段65iと、求められた補正係数Ciと吸気効率マップ21から読込んで



きた吸気効率 $\eta_0$ とから気筒毎の違いを補正された補正吸気効率 $\eta_i$ を計算する吸気効率補正手段68iとからなる。

【0062】図10の空燃比制御装置のうち、吸気効率推定手段611～61I以外の部分は図1のものと全く同一なので、ここでは、吸気効率推定手段61iの動作について説明する。

【0063】吸気効率 $\eta_i$ を、全ての気筒に共通で内燃機関の運転状態により変化する成分 $\eta_0$ と、気筒毎のばらつきによるスケールファクタの成分 $C_i$ の積 $\eta_i = \eta_0 \times C_i$ として考えれば、数6より、

【0064】

【数10】

$$C_i = (M_{th} - \Delta M_m) / M_d \times \eta_i$$

【0065】となり、数6の右辺を、吸気効率マップ21から読込んできた共通吸気効率 $\eta_0$ で割ることで、運転状態によって変化する成分が除去されて、気筒毎にほぼ一定の値をとる補正係数 $C_i$ が得られる。

【0066】これを平滑化した上で、吸気効率マップ21から運転状態に応じて共通吸気効率 $\eta_0$ を読込んできて掛けることで、気筒毎のばらつきが補正された吸気効率 $\eta_i$ が得られる。

【0067】本吸気効率推定手段61iにおける、吸気効率 $\eta_i$ の推定手順を、図11のステップ図を用いて説明する。

【0068】最初にスロットル通過空気量 $M_{th}$ を計測する(ステップ1101)。次に、密度計測手段1から計測されるマニフォールド9内の気体の密度 $\rho_m$ からマニフォールド9内の気体の増加量 $\Delta M_m$ を計算する(ステップ1102)。

【0069】この後に、クランク角速度 $\omega$ とマニフォールド9内の気体の密度 $\rho_m$ より数1で気筒iへの理想流入量 $M_d$ を計算し(ステップ1103)、内燃機関の運転状態に応じて吸気効率マップ21から共通吸気効率 $\eta_0$ を読出す(ステップ1104)。これらの計算結果をもとにして数10に基づいて補正係数 $C_i$ を計算する(ステップ1105)。

【0070】前回該気筒が吸気行程にあったときの補正係数 $C_i$ を補正係数メモリ21から読出してきて(ステップ1106)、前回求めた補正係数 $C_i$ と今回の補正係数 $C_i$ の加重平均をとることで、補正係数 $C_i$ を平滑化する(ステップ1107)。

【0071】この補正係数 $C_i$ を共通吸気効率 $\eta_0$ に掛けること吸気効率 $\eta_i$ が求められる(ステップ1108)。

【0072】このように吸気効率 $\eta_i$ を、内燃機関の運転状態に依存して変化する共通吸気効率 $\eta_0$ と、気筒に依存する補正係数 $C_i$ に分けて考え、共通吸気効率 $\eta_0$ は事前にマップを用意しておき、補正係数 $C_i$ は運転時に推定することで、気筒毎に異なる吸気効率を精度良

く、しかも内燃機関の運転状態の変化による吸気効率の変化に素早く追従して求めることができる。

【0073】《発明実施の形態3：気筒毎に燃料噴射量マップを設ける空燃比制御》《発明実施の形態1》では、内燃機関の運転を行いながら吸気効率の推定を行い、この吸気効率に基づいて燃料噴射量を計算したが、センサデータと燃料噴射量の関係のマップを気筒毎に用意し、このマップを検索することで気筒毎の燃料噴射量を制御して、気筒毎空燃比を精密に制御するという空燃比制御装置も考えられる。このような装置のメリットは、空燃比制御装置に搭載する計算手段が低い計算性能のものでも高精度な気筒別空燃比制御が実現できるということである。

【0074】この空燃比制御装置の構成を図12を用いて説明する。なお、マップの作成方法については後ほど【燃料噴射量マップの作成】にて述べる。

【0075】本装置の構成は、図1に示す空燃比制御装置と比べて、各気筒に備えられた計算手段601～60Iが異なる。この計算手段601～60Iは、計測データと各気筒毎の燃料噴射量の関係を示す燃料噴射量マップ711～71Iと、スロットル通過空気量 $M_{th}$ 、マニフォールド内気体密度 $\rho_m$ 、クランク角速度 $\omega$ をもとに燃料噴射量マップ711～71Iから燃料噴射量を読出してインジェクタ4に噴射量の指令を送る燃料噴射量計算手段701～70Iからなる。

【0076】このような計算手段601～60Iを各気筒に備えた空燃比制御装置の動作手順について図13を用いて説明する。

【0077】まず、スロットルを通過する空気量 $M_{th}$ の計測(ステップ1201)、マニフォールド内の気体の密度 $\rho_m$ の計測(ステップ1202)、クランク角 $\theta$ の計測(ステップ1203)が行われる。このクランク角 $\theta$ に基づき第i気筒5が吸気行程であるかどうかを判別され(ステップ1204)、第i気筒5が吸気行程であるなら、第i計算手段60iが呼び出される(ステップ1205)。

【0078】第i計算手段が呼出されると、スロットル通過空気量 $M_{th}$ 、マニフォールド内気体密度 $\rho_m$ 、クランク角速度 $\omega$ をもとに、燃料噴射量計算手段70iは燃料噴射量マップ71iを検索することで、第i気筒への燃料噴射量 $F_i$ を求める(ステップ1206)。クランク角 $\theta$ が該気筒5に燃料を噴射する角度 $\theta_i$ になったら(ステップ1207、1208)、第iインジェクタは計算された量 $F_i$ の燃料を噴射する(ステップ1209)。

【0079】【燃料噴射量マップの作成】燃料噴射量マップ711～71Iの作成するための装置について図14を用いて説明する。

【0080】燃料噴射量マップ711～71Iを作成するために、内燃機関のスロットルの開度を制御すること

でスロットル通過空気量 $M_{th}$ を制御するスロットル制御装置 1 4 0 1 と、クランクに取付けられて負荷を与えることでクランクの回転速度 $\omega$ を調節する負荷発生装置 1 4 0 2 と、スロットル通過空気量計測器 2、マニフォールド圧計測器 1、クランク角センサ 3 からのセンサデータをもとに燃料噴射量を計算し、これらセンサデータと燃料噴射量の関係を燃料噴射量マップ 7 1 1 ~ 7 1 I に記録する燃料噴射量マップ作成装置 1 4 0 3 を用いる。

【0081】燃料噴射量マップ作成装置 1 4 0 3 の動作手順について図 1 4 を用いて説明する。

【0082】まず、燃料噴射量マップ作成装置 1 4 0 3 は、スロットル開度の指令値をスロットル制御手段 1 4 0 1 に送り（ステップ 1 5 0 1）、クランクに与える負荷を負荷発生手段 1 4 0 2 に送る（ステップ 1 5 0 2）。これによって、内燃機関の運転状態が設定され、様々なスロットル流量 $M_{th}$ 、マニフォールド密度 $\rho_m$ 、クランク角速度 $\omega$ を実現することができる。こうして運転状態を設定された内燃機関のスロットル通過空気量 $M_{th}$ （ステップ 1 5 0 3）、マニフォールド密度 $\rho_m$ （ステップ 1 5 0 4）、クランク角 $\theta$ （ステップ 1 5 0 5）を、燃料噴射マップ作成装置 1 4 0 3 は読込む。燃料噴射マップ作成装置 1 4 0 3 は読込んだクランク角 $\theta$ に基づいて、どの気筒が吸気行程にあるのか、判別を行う（ステップ 1 5 0 6）。この判別結果に基づいて、吸気行程にある気筒 5 の吸気効率 $\eta_i$ の計算が燃料噴射マップ作成装置内 1 4 0 3 で行われる（ステップ 1 5 0 7）。吸気効率 $\eta_i$ の計算方法は、前述の【吸気効率の計算】と同一である。吸気効率 $\eta_i$ の計算に引き続き、該気筒 5 に流入した空気量 $M_c$ の計算（ステップ 1 5 0 8）、該気筒 5 に噴射する燃料の計算 $F_i$ （ステップ 1 5 0 9）を行う。この計算方法は、《発明の実施形態 1》で述べたものと同一である。計算された燃料噴射量 $F_i$ に基づき、燃料噴射マップ作成装置 1 4 0 3 は該気筒 5 のインジェクタ 4 に燃料噴射指令を送り、インジェクタ 4 は燃料を噴射する（ステップ 1 5 1 0）。このときのスロットル通過空気量 $M_{th}$ 、マニフォールド密度 $\rho_m$ 、クランク角速度 $\omega$ 、燃料噴射量 $F_i$ のセットは、気筒毎に燃料噴射量マップ作成装置内 1 4 0 3 に保存される（ステップ 1 5 1 1）。十分な量の計測データと噴射量のセットが保存されたなら、これらのデータを補間して、スロットル通過空気量 $M_{th}$ 、マニフォールド密度 $\rho_m$ 、クランク角速度 $\omega$ から燃料噴射量を検索するためのマップを気筒毎に作成し、このマップを空燃比制御装置内の燃料噴射量マップ 7 1 1 ~ 7 1 I に書込む（ステップ 1 5 1 3）。十分な計測データと噴射量のセットが保存されていないなら、ステップ 1 5 0 1 に戻って、さらにデータ収

集を行う。

【0083】このように、《発明の実施形態 1》での燃料噴射量の計算を、空燃比制御装置とは別に用意した燃料噴射量マップ作成装置 1 4 0 3 で行い、その結果を空燃比制御装置内の燃料噴射量マップ 7 1 1 ~ 7 1 I に書込み、実際の運転の際にはこのマップを検索することで燃料噴射量を制御することで、空燃比制御装置内の計算手段 6 0 1 ~ 6 0 I の計算負荷を低く抑えつつ、気筒毎の吸気効率のばらつきに対応した精密な空燃比制御が可能となる。

【0084】

【発明の効果】エンジンや気筒毎に異なる吸気効率を推定しながら気筒への吸入空気量を計測し燃料噴射量を制御することで、気筒内の空燃比を精密に制御することが可能となる。これによって、内燃機関の燃費の改善、排気ガス中の有害物質の低減に寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施形態の構成の一例を示す図。

【図 2】本発明の実施形態の動作手順の一例を示す図。

【図 3】本発明の実施形態における空気量の増減の関係を示す図。

【図 4】本発明の実施形態の吸気効率の推定手順の一例を示す図。

【図 5】本発明の実施形態の密度計測のためのセンサ構成の一例を示す図。

【図 6】本発明の実施形態のスロットル通過空気量の計測のためのセンサ構成の一例を示す図。

【図 7】本発明の実施形態のスロットル通過空気量の計算手順の一例を示す図。

【図 8】本発明の実施形態のスロットル通過空気量の計測のためのセンサ配置の他の一例を示す図。

【図 9】気筒毎の吸気効率のばらつきと運転状態による吸気効率の変化を示す図の一例を示す図。

【図 10】本発明の共通の吸気効率マップを用いる実施形態の一例を示す図。

【図 11】本発明の共通の吸気効率マップを用いる実施形態の動作手順の一例を示す図。

【図 12】本発明の気筒別の吸気効率マップを事前に用意する実施形態の一例を示す図。

【図 13】本発明の気筒別の吸気効率マップを事前に用意する実施形態の動作手順の一例を示す図。

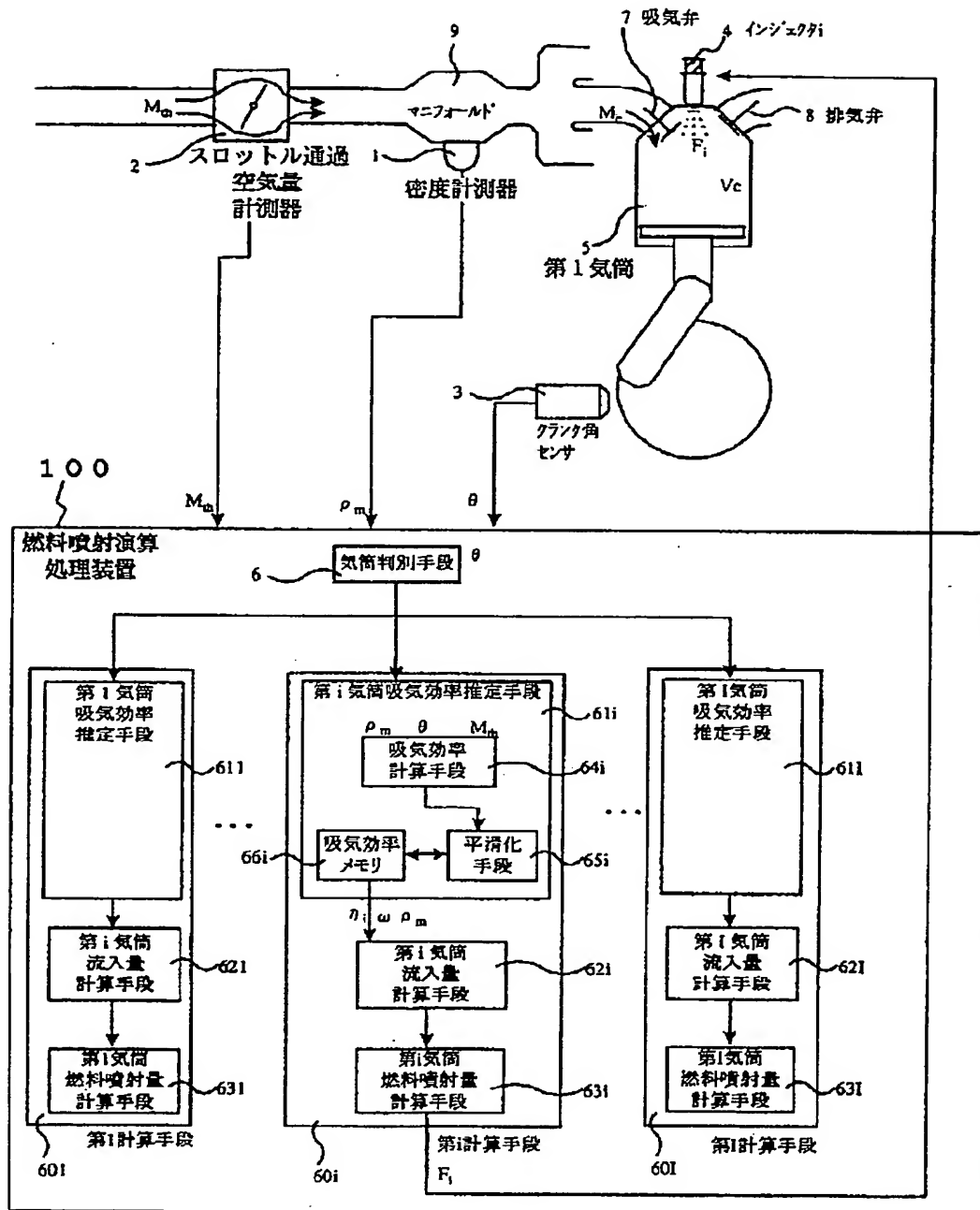
【図 14】本発明の気筒別の吸気効率マップを事前に用意するための手段の一例を示す図。

【図 15】本発明の気筒別の吸気効率マップを事前に用意する手順の一例を示す図。



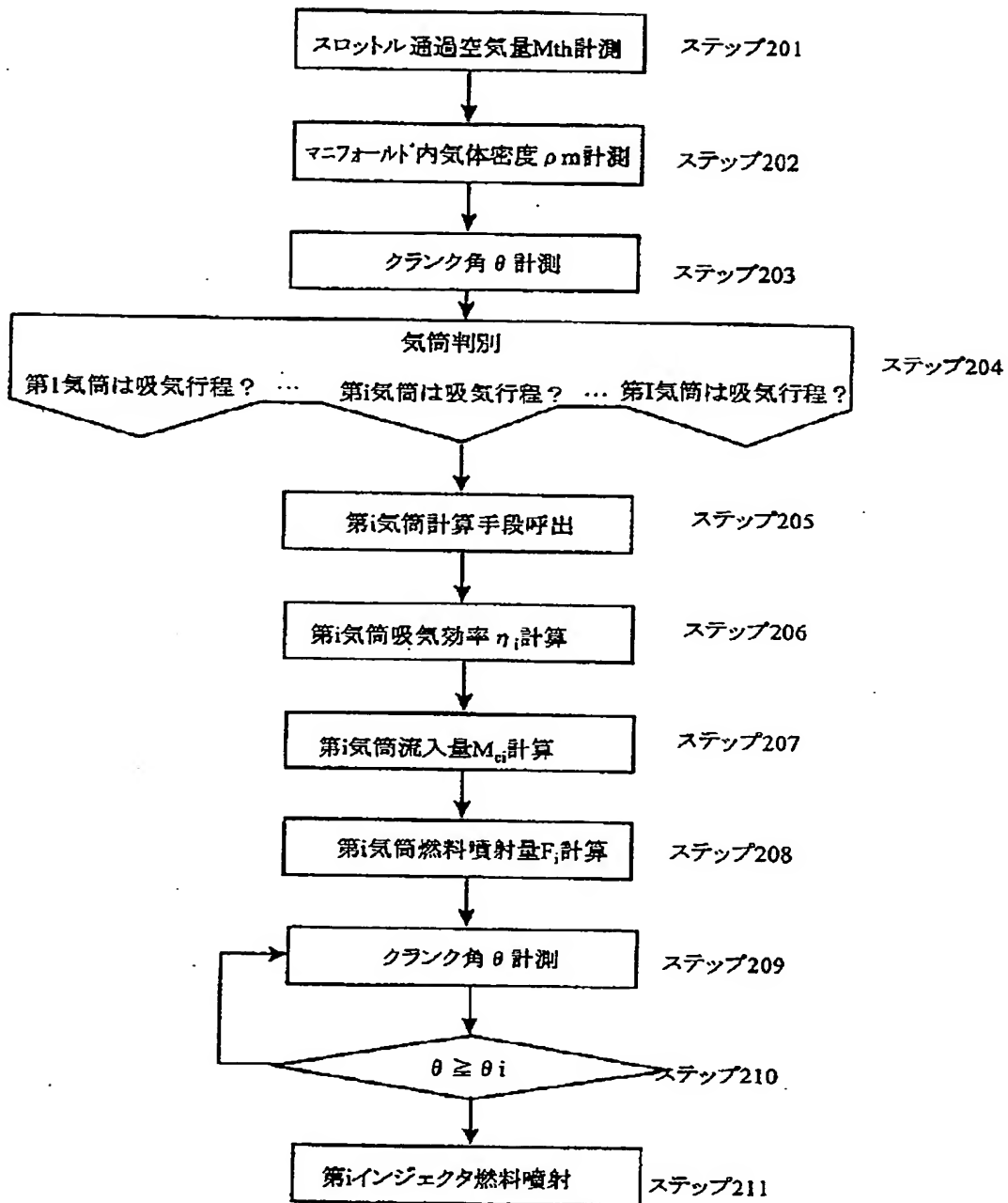
【図 1】

図 1



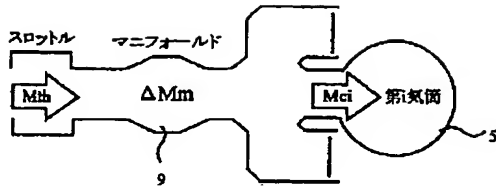
【図 2】

図 2



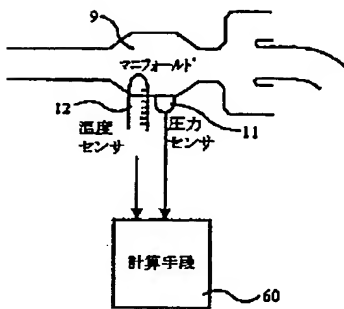
【図 3】

図 3



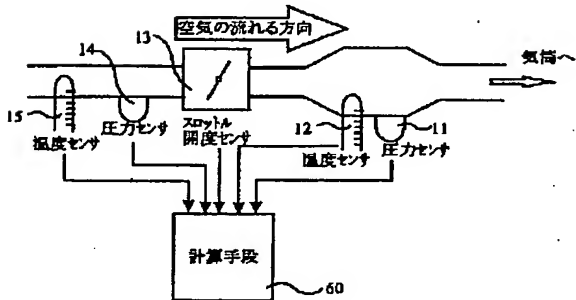
【図 5】

図 5



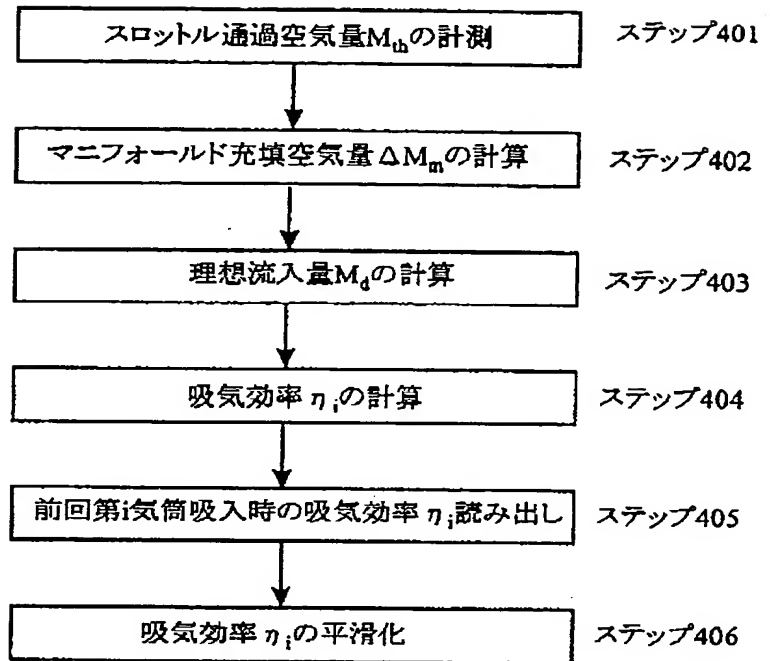
【図 6】

図 6



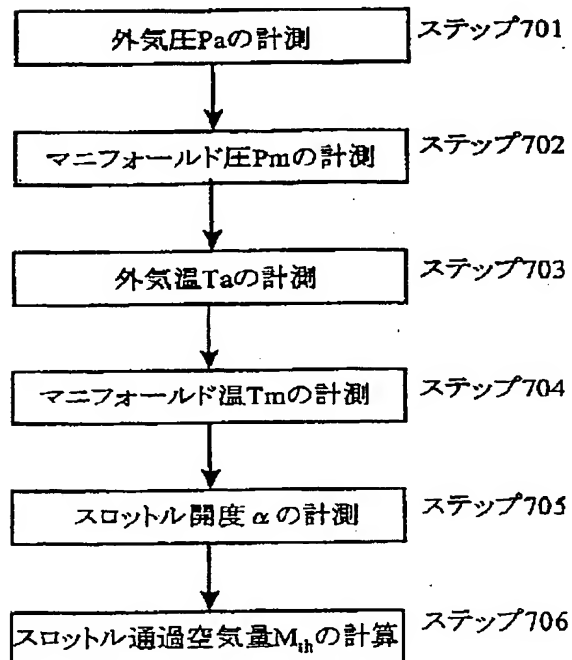
【図 4】

図 4



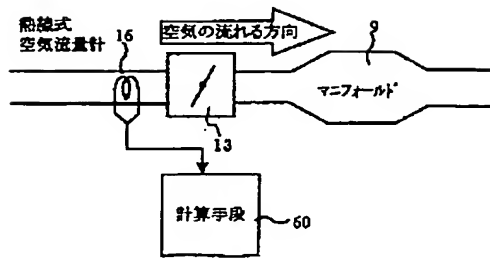
【図 7】

図 7



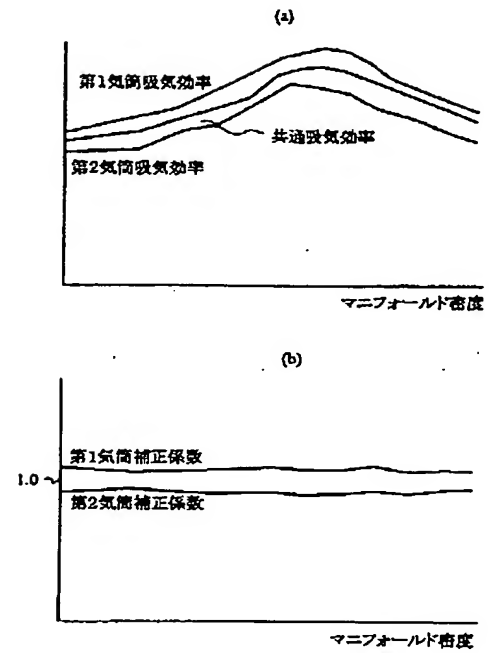
【図 8】

図 8



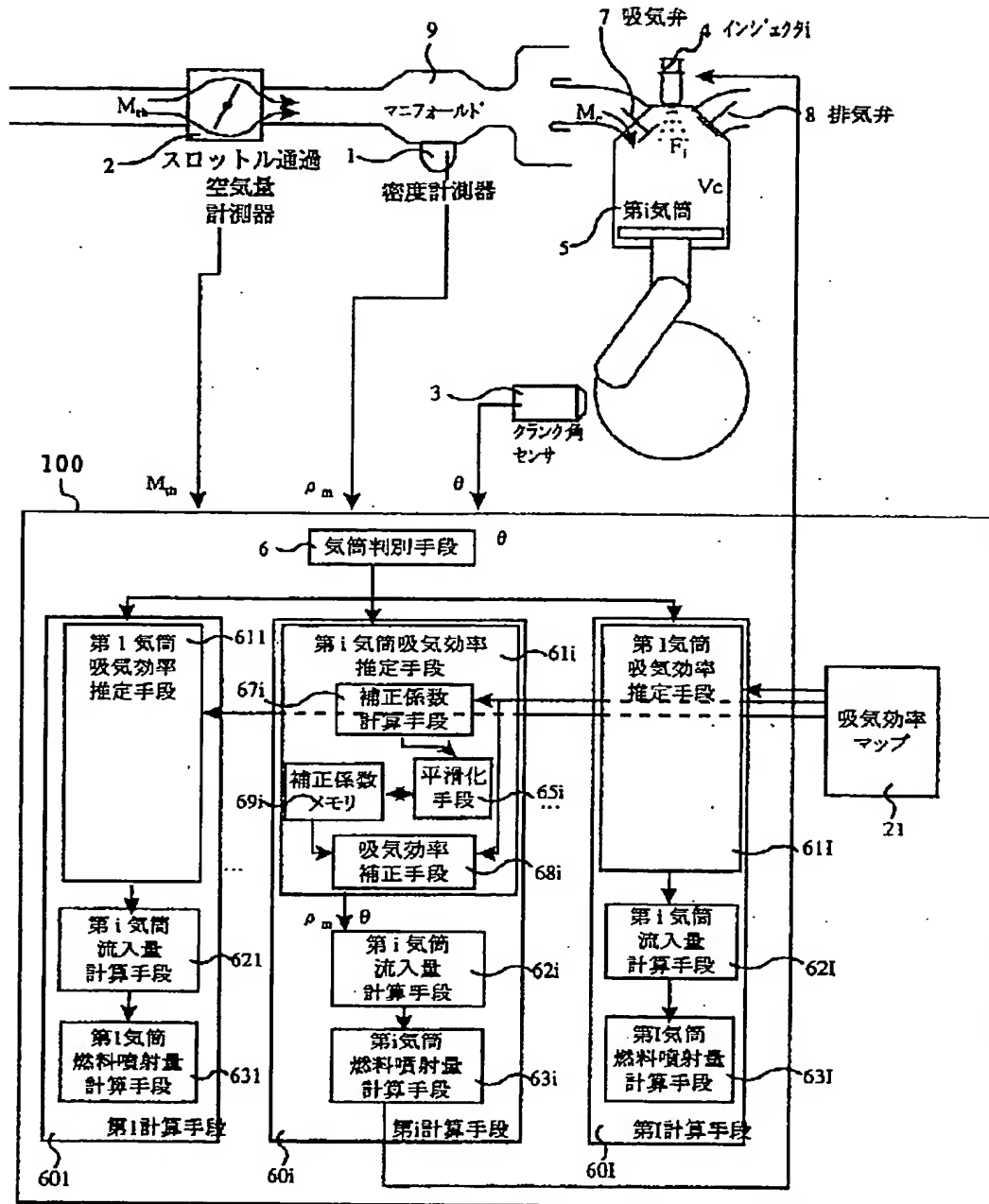
【図 9】

図 9



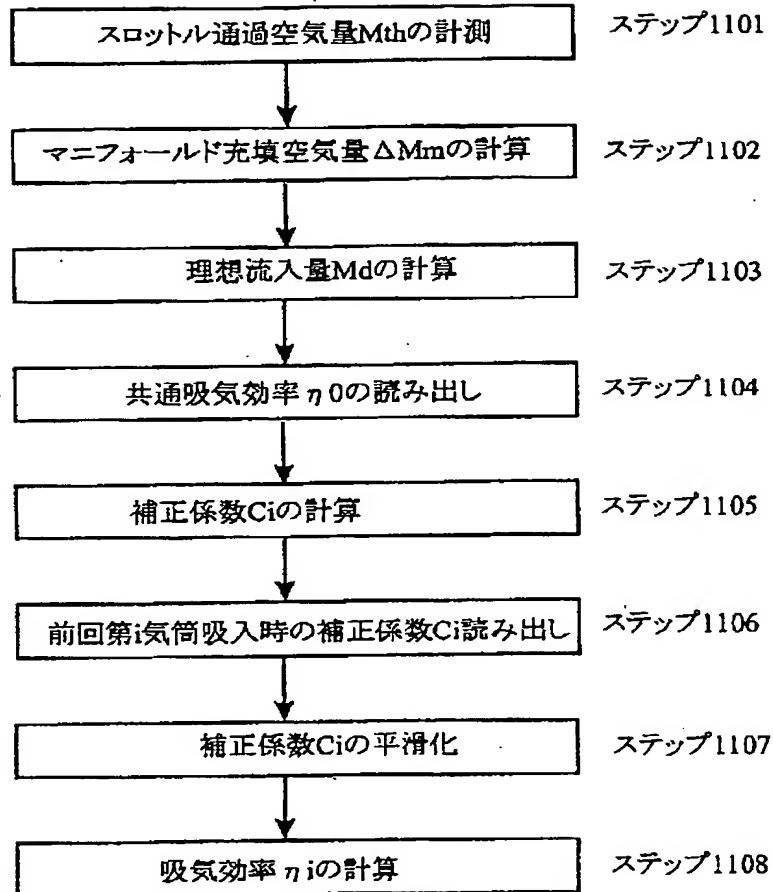
【図 10】

図 10



【図 11】

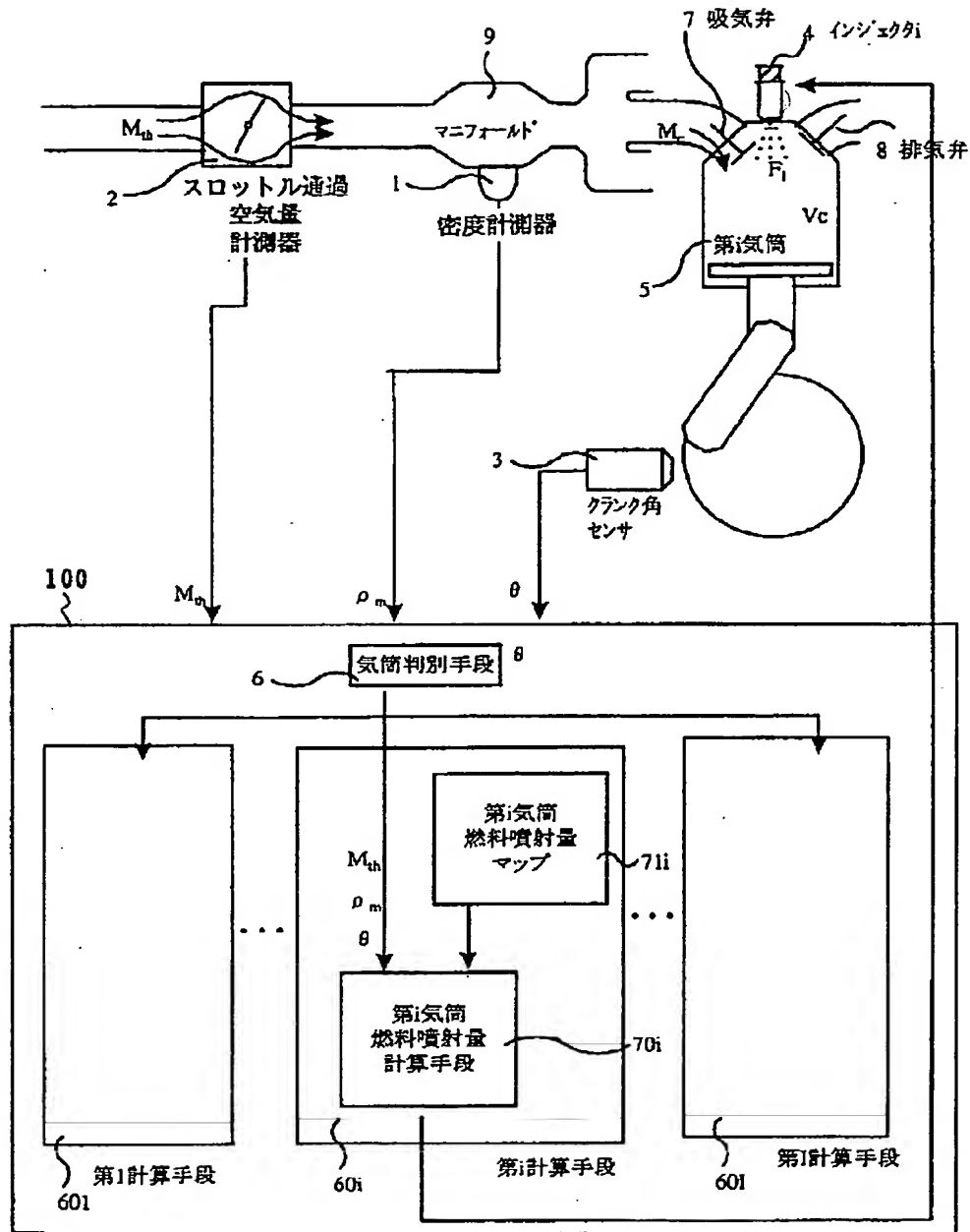
図 11





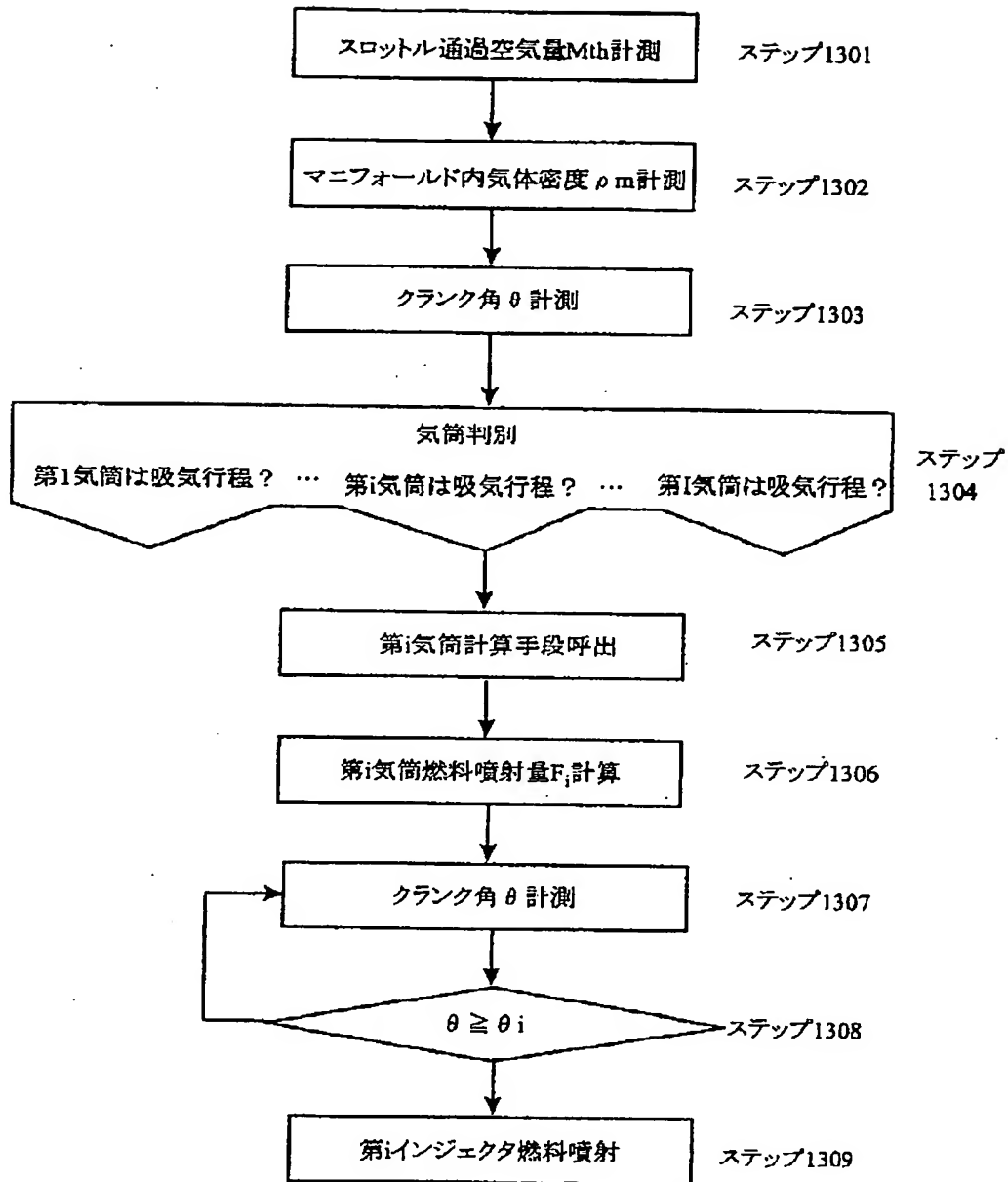
【図 12】

図 12



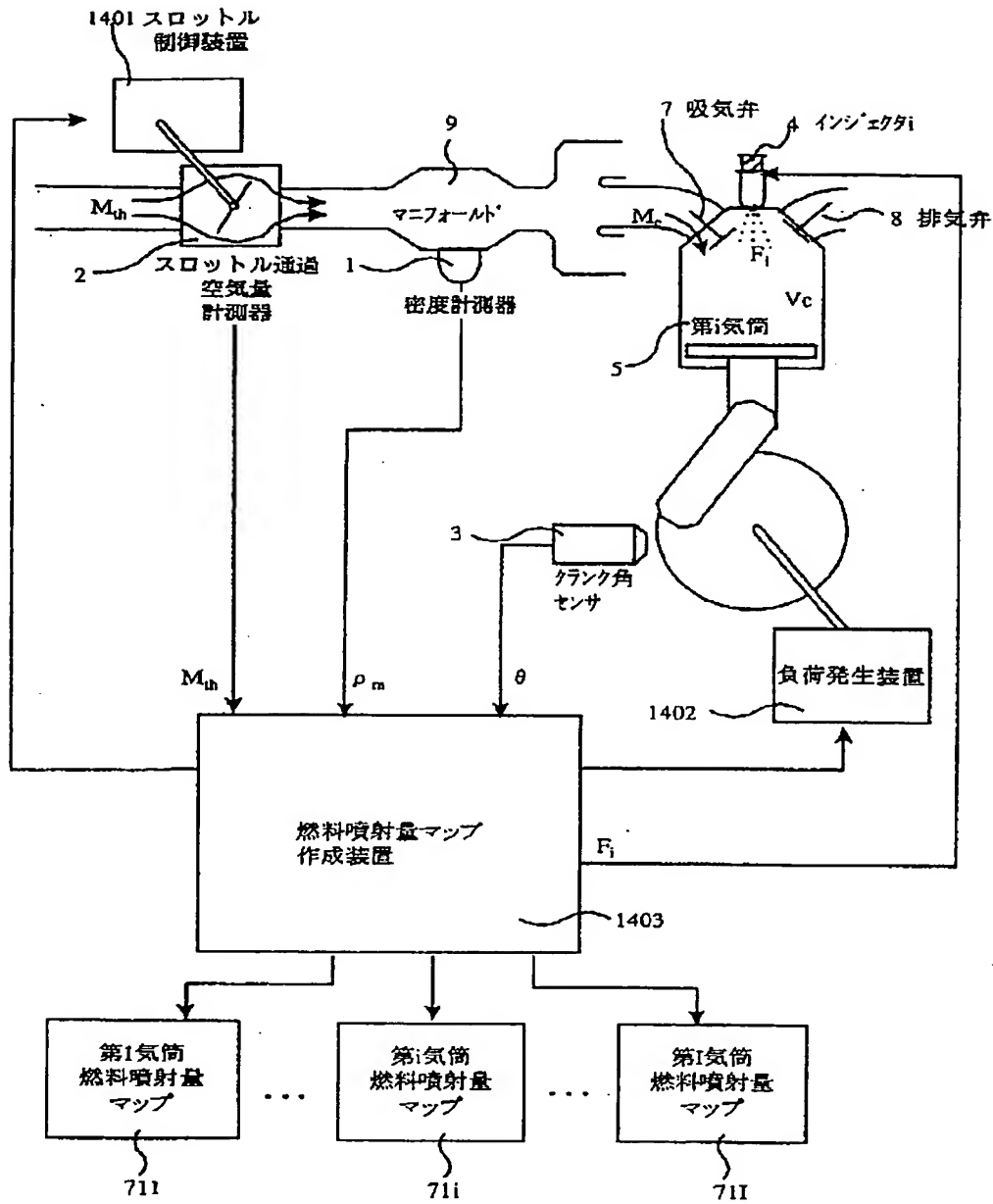
【図 13】

図 13



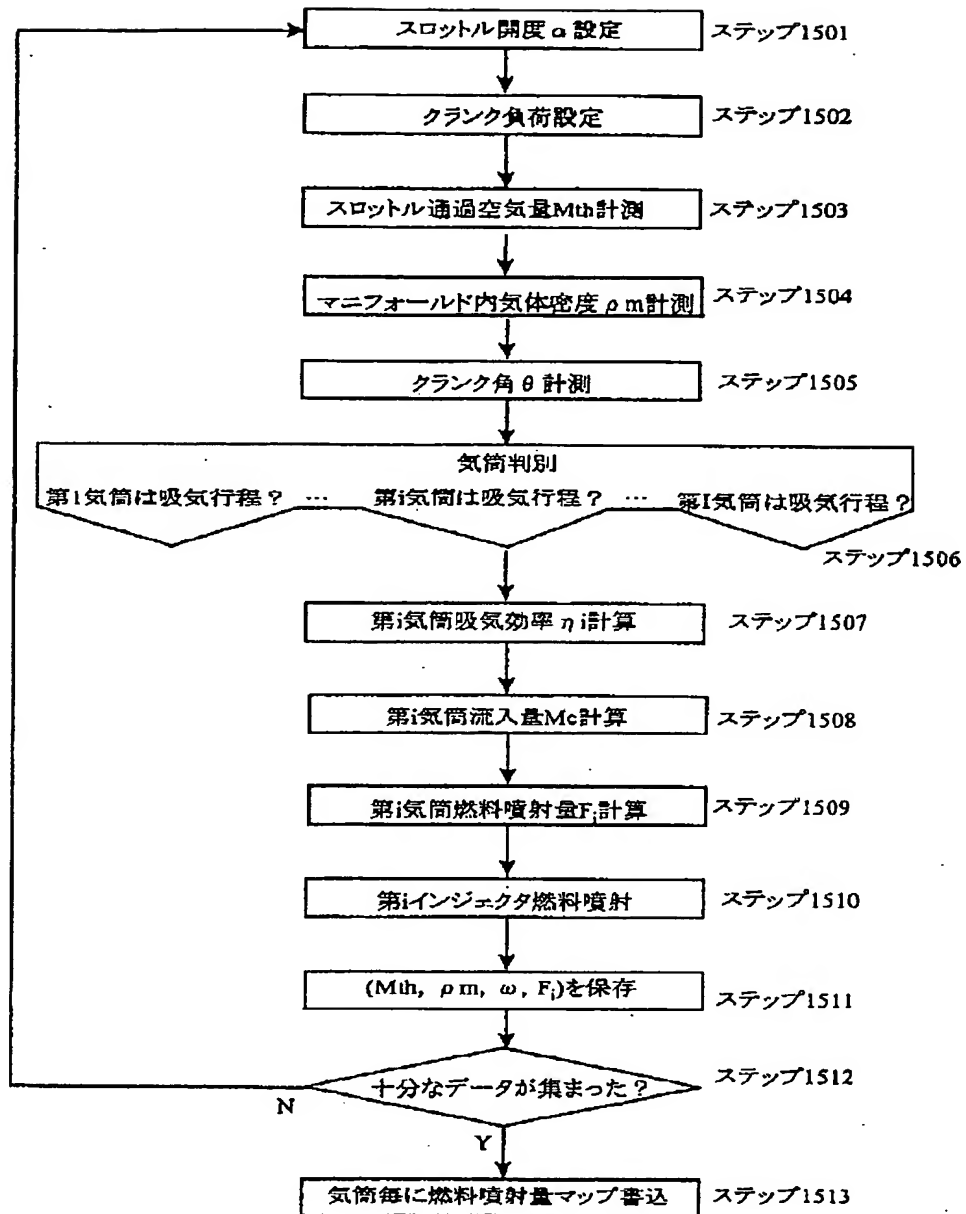
【図 14】

図 14



【図 15】

図 15



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F 02 D 45/00

識別記号

3 6 6

F I

F 02 D 45/00

ターマコード (参考)

3 6 6 E

3 6 6 F

3 6 6 B

Fターム(参考) 3G084 AA03 BA09 BA13 BA15 DA25  
EA05 EB02 EB25 FA02 FA07  
FA08 FA10 FA11 FA38  
3G301 HA04 HA06 JA02 JA21 MA01  
MA12 MA18 NA02 NA05 NB02  
NB03 NC02 PA01Z PA04Z  
PA07Z PA10Z PA11Z PE03Z  
PE05Z